

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

14 OKT. 2004

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 21 OCT 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 45 605.8

**Anmeldetag:** 29. September 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Maschinensystem

**IPC:** H 02 K 5/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. Oktober 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

## Beschreibung

## Maschinensystem

- 5 Die Erfindung betrifft ein Maschinensystem, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau an der elektrischen Maschine aufweist. Der Anbau an der elektrischen Maschine ist mittels als Befestigungssystem angebracht. Zur Anbringung ist ein Befestigungssystem oder sind mehrere Befestigungssysteme
- 10 vorgesehen. Ein Befestigungssystem ist beispielsweise ein Schraubverbindung, welche eine Schraube bzw. eine Mutter bzw. ein Innengewinde aufweist. Ein Beispiel für einen Anbau ist ein Aufsatzkühler für eine elektrische Maschine.
- 15 Elektrische Maschinen und das jeweilige Fundament weisen gemeinsame Systemeigenfrequenzen auf. Maschinensysteme bzw. elektrische Maschinen werden insbesondere entsprechend gültiger Normen und Spezifikationen hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens meist für eine harte Aufstellung ausgelegt.
- 20 Elektrische Maschinen-Fundament-Systeme, deren Systemeigenfrequenzen den Anregungsfrequenzen aus Drehfrequenz und/oder vorzugsweise bei 2-poligen Maschinen der doppelten Netzfrequenz entsprechend, können zu erheblichen Schwingungsproblemen führen. Motoren, die bei Abnahmeprüfungen, bei denen "harte" Fundamente vorhanden sind, keine schwingungstechnischen Beanstandungen aufweisen, können bei Kunden mit "weichen" Fundamenten dennoch zu Schwingungsproblemen führen. Bei einer vorgesehenen Aufstellung des Maschinensystems auf einem Fundament wird bei der Auslegung des Fundamentes seitens ei-
- 30 nes Anlagenbauers häufig das Schwingungsverhalten des Maschinensystems auf einem Originalfundament nicht betrachtet. Dies führt in vielen Fällen dazu, dass eine elastische Aufstellung vorliegt. Durch eine elastische Aufstellung werden jedoch die Systemeigenfrequenzen des Maschinensystems bzw. der elektrischen Maschine verändert. Dies kann zu Schwingungsproblemen
- 35 führen, wenn eine der Systemeigenfrequenzen des Maschinensys-

tems bzw. der elektrischen Maschine im Bereich einer anregenden Frequenz liegt.

Ergeben sich beispielsweise Schwingungsprobleme im Betrieb des Maschinensystems oder werden Schwingungsanforderungen von Normen oder Kunden nicht erfüllt so sind derartige Schwingungsprobleme, welche insbesondere durch einen resonanznahen Betrieb hervorgerufen sind, beispielsweise durch zumindest der folgenden Maßnahmen möglicherweise überwindbar:

1) Änderung der Fundamentsteifigkeit, problematisch ist jedoch

a) Meist nachträglich nicht möglich.

b) Bei Änderung des Fundaments wird oftmals nicht nur die eine gewünschte Steifigkeitsrichtung geändert, sondern auch die anderen Steifigkeitsrichtungen mit verändert.

c) Oftmals ist die Ermittlung der Fundamentsteifigkeit schwierig

2) Betriebswuchten der Maschine auf originalem Fundament zur Minimierung der Anregung;

3) Entwicklung/Bau neuer Rotoren;  $\Rightarrow$  Verzögerung hinsichtlich Inbetriebsetzung.

Derartige Maßnahmen sind äußerst aufwendig, kostenintensiv bzw. auch zeitintensiv.

Aufgabe der Erfindung ist es ein Maschinensystem bzw. ein Verfahren zum Betreiben eines Maschinensystems anzugeben, bei dem auftretende Schwingungsprobleme in einfacher Weise gelöst werden. Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch ein Maschinensystem mit den Merkmalen nach Anspruch 1 bzw. durch ein Maschinensystem mit den Merkmalen nach Anspruch 2 bzw. durch ein Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems mit den Merkmalen nach Anspruch 10. Die Unteransprüche 3 bis 9 bzw. 11 bis 13 sind erfinderische Weiterbildungen des Maschinensystems bzw. des Verfahrens. Die Aufgabe wird ferner gelöst

durch die Verwendung des Verfahrens bei einem Maschinensystem.

5 Ein Maschinensystem weist eine elektrische Maschine und einen Anbau auf. Der Anbau ist mittels eines Befestigungssystems an der elektrischen Maschine angebracht. Ein erstes Befestigungssystem ist dabei durch ein zweites Befestigungssystem austauschbar, wobei das erste Befestigungssystem und das  
10 zweite Befestigungssystem von einem unterschiedlichen Typ sind. Durch den Austausch der Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs ist eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar.

15 Ein Befestigungssystem ist beispielsweise eine Schraubverbindung, welche zumindest eine Schraube und ein korrespondierendes Innengewinde bzw. eine Mutter aufweist. Die Schraube ist beispielsweise derart ausführbar, dass diese eine bestimmte Elastizität bzw. Federeigenschaft aufweist. Es sind Schrauben mit unterschiedlichen Eigenschaften ausbildbar. Das Befestigungssystem weist beispielsweise weiterhin eine Unterlegscheibe bzw. einen Sprengring oder ähnliches auf.  
20

Die Lösung der Aufgabe gelingt ferner durch ein Maschinensystem, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist, wobei das Maschinensystem verschiedene Befestigungsstellen für die Anbringung des Anbaues an der elektrischen Maschine mittels Befestigungssysteme aufweist. Verschiedene Befestigungsstellen sind  
30 beispielsweise Bohrungen in einem Gehäuses einer elektrischen Maschine, welche zur Aufnahme von Schrauben vorgesehen sind. Mittels der Schrauben ist der Anbau an die elektrische Maschine über einen Schraubenkopf oder einer Mutter bzw. ein in den Anbau bzw. in der elektrischen Maschine integriertes  
35 Innengewinde anbringbar. Die Befestigungsstellen sind nur teilweise durch ein Befestigungssystem belegt. Durch einen Wechsel der Belegung und/oder der Belegungsanzahl der Befes-

tigungsstellen mit den Befestigungssystemen ist eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar. Das Schwingungsverhalten des Maschinensystems ist abhängig, insbesondere vom Anbau der elektrischen Maschine und dem Fundament auf dem das Maschinensystem angebracht ist bzw. auch von den Kopplungseigenschaften der Kopplung von Anbau und elektrischer Maschine.

Durch den Wechsel verschiedener Befestigungsstellen bzw. durch die Auswahl verschiedener möglicher verwendbarer Befestigungsstellen ist der Anbau an auswählbaren Befestigungsstellen, d.h. an auswählbaren Orten der Befestigung an die elektrische Maschine anbringbar. Da die Kopplungssteifigkeiten bei einer unterschiedlichen Auswahl von Befestigungsstellen auch unterschiedlich auf den Anbau bzw. die elektrische Maschine wirken ist dadurch ein Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Maschinensystems erzielbar. Bezüglich der Schwingungseigenschaft ist auch zu unterscheiden welche Richtungskomponenten eine Schwingung aufweisen kann.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist ein erstes Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs austauschbar, wobei durch derartigen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems erzielbar ist. Die Auswahl unterschiedlicher Befestigungssysteme, d.h. Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs ist kombinierbar mit der Auswahl unterschiedlicher Befestigungsstellen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Befestigungssystem ein Kopplungselement auf. Das Kopplungselement ist insbesondere bei einer Schraubverbindung einsetzbar, wobei das Kopplungselement durch die Ausbildung der Schraubverbindung zwischen der elektrischen Maschine und dem Anbau liegt. Die Lage des Kopplungselementes ist beispielsweise direkt bei einer Schraubverbindung oder von dieser Schraubverbindung entfernt. Ein Beispiel für ein Kopplungselement ist neben ei-

ner Beilagscheibe, einem Sprengring oder ähnlichen auch eine Gummilippe oder ein Abdichtring, welche insbesondere für eine Abdichtung verwendbar ist.

- 5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das Befestigungssystem oder das Kopplungselement als eine Feder und/oder als ein Dämpfer ausgebildet. Durch Feder- bzw. Dämpfereigenschaften des Kopplungselementes lässt sich das Schwingungsverhalten des Maschinensystems verändern bzw. abstimmen.

10

Als Material für das Kopplungselement bzw. für das Befestigungssystem ist beispielsweise ein Gummimaterial oder ein Kunststoffmaterial einsetzbar.

- 15 In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das Befestigungssystem und/oder das Kopplungssystem einen Tilger auf. Ein Tilger ist zur Aufnahme von Schwingungsenergie vorgesehen, so dass ein in Schwingung geratenes Maschinensystem durch Entzug von Energie in seiner Schwingung dämpfbar ist.

20

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Anbau an die elektrische Maschine ein Aufsatzkühler der elektrischen Maschine. Der Aufsatzkühler ist zur Kühlung der elektrischen Maschine vorgesehen. Derartige Aufsatzkühler weisen eine ausreichende Masse auf um das Maschinensystem in seinem Schwingungsverhalten zu beeinflussen. Weiterhin sind Aufsatzkühler bereits durch Befestigungssysteme an eine elektrische Maschine angebracht. Aufsatzkühler sind beispielsweise als Luft-Luft-Kühler oder auch als Luft-Wasser-Kühler ausführbar.

30

- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der Anbau bereits verschiedene Befestigungssysteme zur elektrischen Maschine auf, wobei die verschiedenen Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs sind. Durch Auswahl der zur Befestigung vorgesehenen Befestigungssysteme ist dann das Schwingungsverhalten des Maschinensystems veränderbar. Weist beispielsweise
- 35 eine Schraubverbindung ein Kopplungselement wie z.B. ein Gum-

mistück zwischen dem Anbau und der elektrischen Maschine insbesondere dem Gehäuse der elektrischen Maschine auf, so ist die Schwingungseigenschaft des Maschinensystems durch den Ersatz -des Kopplungselementes mit einem weicheren oder einem  
5 härterem Kopplungselement abänderbar.

Durch die Veränderung der Systemeigenfrequenz des Maschinensystems sind Schwingungsprobleme reduzierbar. Probleme entstehen insbesondere durch Anregungen bei der Eigenfrequenz  
10 des Maschinensystems. Die Eigenfrequenz ist also abzuändern. Die Veränderung der Systemeigenfrequenz gelingt insbesondere durch ein Einstellen einer Federankopplung zwischen Anbau und elektrischer Maschine. Die Federankopplung ist mittels des Befestigungssystems ausgeführt. Beispielsweise können dadurch  
15 bei Maschinensystemen, welche eine elektrische Maschine mit einem Aufsatzkühler aufweisen bei einer elastischen Aufstellung der elektrischen Maschine durch eine Änderung der Steifigkeit der Ankopplung des Aufsatzkühlers die Systemeigenfrequenz des Maschinensystems verschoben werden, so dass Schwin-  
20 gungsprobleme aufgrund Resonanznähe verhindert werden können. Zusätzlich ist bei Kenntnis der Fundamentsteifigkeit der Aufsatzkühler durch geeignete Wahl der Kühlerkopplungssteifigkeit als Tilger eingesetzt werden um die Schwingungsamplituden eines Rotors oder eines Ständers der elektrischen Maschine oder die Amplitudendifferenz zwischen Ständer und Rotor zu tilgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Motorsystems weist der Anbau zumindest  $1/20$  der Masse der elektrischen Maschine auf.  
30

Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist, ist zumindest ein erstes  
35 Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs austauschbar, wobei dadurch, dass das

erste Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs ausgetauscht wird, dass Schwingungsverhalten des Maschinensystems verändert wird.

- 5 In einem weiteren Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems, welches eine elektrische Maschine und einen Anbau aufweist, wobei der Anbau an der elektrischen Maschine mittels eines Befestigungssystems angebracht ist und das Maschinensystem verschiedene Befestigungsstellen für die Anbringung  
10 des Anbaues an der elektrischen Maschine mittels Befestigungssystemen aufweist, werden die Befestigungsstellen nur teilweise durch ein Befestigungssystem belegt, wonach die Belegung der Befestigungsstellen mit den Befestigungssystemen geändert wird, wonach insbesondere das Schwingungsverhalten  
15 des Maschinensystems abgeändert ist.

- Weist ein Maschinensystem unterschiedliche Befestigungsstellen auf, ist neben der Auswahl der Befestigungsstellen auch eine Auswahl von Befestigungssystemen unterschiedlichen Typs  
20 möglich. Wird ein erstes Befestigungssystem durch ein zweites Befestigungssystem unterschiedlichen Typs ausgetauscht, führt dies zu einer Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems.

- Vorteilhaft ist es auch, wenn die Auswahl der Befestigungsstellen zur Anbringung eines Befestigungssystems kombiniert wird mit der Auswahl verschiedener Befestigungssysteme unterschiedlichen Typs. Dadurch ergibt sich eine besonders hohe Varianz möglicher Veränderungen der Eigenfrequenz des Maschinensystems.  
30

Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Dabei zeigt:

- 35 FIG 1 ein Maschinensystem 1,  
FIG 2 ein Befestigungssystem,  
FIG 3 unterschiedliche Befestigungsstellen,



FIG 4 ein Dreimassenschwingungsmodell,  
FIG 5 Biegeeigenfrequenzen und  
FIG 6 Systemeigenfrequenzen in Abhängigkeit einer Kühleran-  
kopplungssteifigkeit.

5

Die Darstellung gemäß FIG 1 zeigt ein Maschinensystem 1. Das Maschinensystem 1 weist eine elektrische Maschine 2 und einen Anbau 3 auf. Der Anbau 3 ist ein Aufsatzkühler. Die elektrische Maschine weist weiterhin einen Läufer 9, einen Ständer 7 und ein Gehäuse 5 auf. Der Anbau 3 ist mittels der Befestigungssystemen 11 und 12 an der elektrischen Maschine 2 befestigt. Die Befestigung erfolgt an Befestigungsstellen 13, 15, 17 und 19. Die Befestigung ist beispielsweise eine Schraubenverbindung 21.

15

Die Darstellung gemäß FIG 2 zeigt einen Ausdruck aus dem Gehäuse 5 der elektrischen Maschine, wobei das Gehäuse 5 ein Innengewinde 26 aufweist. In das Innengewinde ist eine Schraube 28 eingedreht. Mittels eines Schraubenkopfes 30 erfolgt eine Verbindung zwischen dem Anbau 3 und dem Gehäuse 5 der elektrischen Maschine. Zwischen dem Anbau 3 und dem Gehäuse 5 befindet sich ein Kopplungselement 23. Dieses Kopplungselement weist eine Bohrung 32 zur Durchführung der Schraube 28 auf. Das Kopplungselement 23 ist beispielsweise durch das Kopplungselement 24 ersetzbar, wobei die Kopplungselemente 23 und 24 von unterschiedlichen Typs sind. Sie unterscheiden sich beispielsweise durch die Dicke bzw. auch durch das Material. Neben direkt an der Befestigungsstelle 20 befindlichen Kopplungselementen 23, 24 sind auch alternativ oder in Kombination Kopplungselemente 25 einsetzbar, welche von der Befestigungsstelle 20 entfernt sind.

30

Die Darstellung gemäß FIG 3 dient zur Darstellung verschiedener Befestigungsstellen. Weist ein Gehäuse 5 verschiedene Befestigungsstellen auf, so sind beispielsweise nur die Hälfte dieser Befestigungsstellen jeweils für die Befestigung eines Anbaues notwendig. Im vorliegenden Beispiel sind die Befesti-

35

gungsstellen durch befüllte bzw. unbefüllte Kreise dargestellt. Ein Anbau ist beispielsweise durch die Befestigungsstellen 41, 43, 45, 47, 49, 51 und 53 an ein Gehäuse anbringbar, wobei auch eine Befestigung des Anbaues an den Befestigungsstellen 42, 44, 46, 48, 50, 52 und 53 möglich ist. Durch die Auswahl der Befestigungsstellen lässt sich die Ankopplung des Anbaues an die elektrische Maschine ändern. Durch die Änderungen der Ankopplung ändert sich die Schwingungseigenschaft des Maschinensystems.

Die Darstellung gemäß FIG 3 zeigt ein Schwingungsmodell. Es ist ein Dreimassenschwingungsmodell dargestellt, wobei die Dreimassen  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  die Hauptmassen eines Maschinensystems darstellen.  $m_1$  stellt beispielsweise die Motorgesamtmasse abzüglich der Massen  $m_2$  und  $m_3$  dar. Als  $m_2$  ist die Läufermasse bezeichnet.  $m_3$  ist die Masse des Aufsatzes, d.h. beispielsweise die Masse eines Aufsatzkühlers einer elektrischen Maschine. Über eine Kraft  $F$  ist das Dreimassensystem harmonisch anregbar. Das Schwingungsmodell beschreibt die Translation in vertikaler Richtung. Die Dreimassen Ständer, Läufer und Kühler sind elastisch miteinander verbunden. Das Schwingungssystem wird durch eine harmonische Anregung der Läufermasse z.B. durch eine Unwuchtanregung zu erzwungenen Schwingungen angeregt. Die Steifigkeit innerhalb des Systems wird durch die Faktoren  $c_1$ ,  $c_2$  und  $c_3$  gegeben. Dabei stellt  $c_1$  die vertikale Fundamentsteifigkeit dar.  $c_2$  steht für die vertikale Steifigkeit zwischen Läufermasse und Ständermasse, wobei diese aus der ersten Biegeeigenform in z-Richtung berechnet ist. Der Parameter  $c_3$  repräsentiert die vertikale Steifigkeit der tragenden Gummielemente zwischen dem Ständer und dem Anbau, insbesondere dem Ausatzkühler. Mit  $\epsilon$  ist die Läuferexzentrizität bezeichnet.

Die Schwingungsamplituden bei harmonischer Anregung des Läufers ergeben sich wie folgt:

$$z_{1p} = \frac{-c_2 \hat{F} \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3)}{\alpha}$$

$$z_{2p} = \frac{\hat{F} \cdot [(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2]}{\alpha}$$

5

$$z_{3p} = \frac{\hat{F} \cdot c_2 \cdot c_3}{\alpha}$$

10

Durch die Veränderung der Steifigkeit der Kopplung zwischen Anbau und elektrischer Maschine lassen sich die Systemeigenfrequenzen und somit die Resonanzstellen verschieben, da  $\alpha$  eine Funktion von  $c_3$  ist. Die Steifigkeit wird beispielsweise dadurch verändert, dass Kopplungselemente wie beispielsweise Gummielemente unterschiedlichen Typs, also unterschiedlicher Steifigkeit verwendet werden.

15

$$\alpha = (-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + c_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - c_3) + c_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)$$

20

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Masse des Anbaues, wie z.B. des Aufsatzkühlers als Tilger einsetzbar. Bei vorgegebener Fundamentsteifigkeit ist also die Kühlermasse als Tilger einzusetzen. Dies kann ebenfalls durch geeignete Wahl der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  erfolgen.

25

Tilgen der Schwinungsamplitude  $z_{1p}$  (Ständeramplitude):

Die Schwingungsamplitude  $z_{1p}$  wird getilgt ( $z_{1p} = 0$ ) bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

30

$$c_3 = m_3 \cdot \Omega^2$$

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

$$z_{1p} = 0 \quad ; \quad z_{2p} = \frac{-\hat{F}}{(m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)} \quad ; \quad z_{3p} = \frac{\hat{F} \cdot c_2}{(m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot c_3}$$

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass je höher die Aufstellungsfrequenz ist, desto näher liegt die Nullstelle an der Resonanz. Grund hierfür ist, dass die 1. Systemeigenfrequenz asymptotisch mit steigender Aufstellungsfrequenz gegen Grenzwert läuft:

$$\lim_{fa \rightarrow \infty} \omega_1 = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}}$$

Tilgen der Schwingungsamplitude  $z_{2p}$  (Läuferamplitude):

Die Schwingungsamplitude  $z_{2p}$  wird getilgt ( $z_{2p} = 0$ ) bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

$$c_3 = \frac{m_3 \cdot \Omega^2 \cdot [m_1 \cdot \Omega^2 - (c_1 + c_2)]}{(m_1 + m_3) \cdot \Omega^2 - (c_1 + c_2)} \equiv \bar{c}_3$$

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

$$z_{1p} = \frac{-c_2 \cdot \hat{F} \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3)}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + \bar{c}_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + \bar{c}_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

$$z_{2p} = 0$$

$$z_{3p} = \frac{c_2 \cdot \bar{c}_3 \cdot \hat{F}}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + \bar{c}_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + \bar{c}_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

Die Schwingungsamplitude  $z_{3p}$  kann nicht getilgt werden.

Tilgen der Schwingungsamplitudendifferenz zwischen Ständer und Läufer:  $|z_{1p} - z_{2p}|$

Die Schwingungsamplitudendifferenz  $|z_{1p} - z_{2p}|$  wird getilgt  
 ( $|z_{1p} - z_{2p}| = 0$ ) bei der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$ :

$$c_3 = \frac{m_3 \cdot \Omega^2 \cdot [m_1 \cdot \Omega^2 - c_1]}{(m_1 + m_3) \cdot \Omega^2 - c_1} \equiv \bar{c}_3$$

5

Mit dieser Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  ergeben sich die Amplituden:

$$z_{1p} = \frac{-c_2 \cdot \hat{F} \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3)}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + \bar{c}_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + \bar{c}_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

$$z_{2p} = z_{1p}$$

$$15 \quad z_{3p} = \frac{c_2 \cdot \bar{c}_3 \cdot \hat{F}}{(-m_1 \cdot \Omega^2 + c_1 + c_2 + \bar{c}_3) \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2) \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + c_2^2 \cdot (m_3 \cdot \Omega^2 - \bar{c}_3) + \bar{c}_3^2 \cdot (m_2 \cdot \Omega^2 - c_2)}$$

Die Schwingungsamplitude  $z_{3p}$  kann nicht getilgt werden.

20 Zur Berechnung eines Tilgens der Schwingungsamplitudendifferenz zwischen Ständer und Läufer  $|z_{1p} - z_{2p}|$  kann beispielsweise wie folgt verfahren werden.

25 Daraus ergibt sich, dass keine Relativbewegung zwischen Läufermasse und Ständermasse mehr vorhanden ist.

Die Darstellung gemäß FIG 5 zeigt die Abhängigkeit einer ersten Biegeeigenfrequenz Y bzw. Z bei Gleitlagerung mit Zylinderschale von der Rotoreigenfrequenz. Auf der Abzisse ist die  
 30 Rotoreigenfrequenz bei Starterlagerung aufgetragen. Auf der Ordinaten ist die Rotoreigenfrequenz bei Gleitlagerung aufgetragen.

Die Darstellung gemäß FIG 6 zeigt ein Beispiel für eine Resonanzverschiebung. Im übrigen ist ein Befestigungssystem oder  
 35

sind mehrere Befestigungssysteme vorgesehen ist. Ein Befestigungssystem ist beispielsweise eine Schraubverbindung, welche eine Schraube bzw. eine Mutter bzw. ein Innengewinde aufweist. Ein Beispiel für einen Anbau ist ein Aufsatzkühler für eine elektrische Maschine.

Bei einer vorgegebenen Fundamentsteifigkeit  $c_1$  tritt in diesem Beispiel bei einem 50 Hz Betrieb Resonanz auf, da die 3. Systemeigenfrequenz ebenfalls bei circa 50 Hz liegt.

Durch die Veränderung der Kühlerankopplungssteifigkeit  $c_3$  können die Systemeigenfrequenzen verschoben werden. Mit steigender Steifigkeit  $c_3$  erhöhen sich die Systemeigenfrequenzen.

In dem vorhandenen Beispiel kann durch die Erhöhung der Kühlerankopplungssteifigkeit von:

$$c_3 = 5,4 \text{ kN/mm} \Rightarrow 80 \text{ kN/mm}$$

ein ausreichender Abstand der Systemeigenfrequenzen zu der anregenden Rotordrehfrequenz  $\Omega$  eingehalten werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Kühlerankopplungssteifigkeit die Struktursteifigkeit des Kühlers an Bedeutung hinsichtlich der Systemeigenfrequenzen gewinnt.

Eine Anpassung der Maschine hinsichtlich Schwingungsoptimierung auf ein vorgegebenes Fundament ist also möglich.

Durch eine einfache Maßnahme und zwar die Variation der Kühlerankopplungssteifigkeit kann das Schwingungsverhalten optimiert werden. Resonanzen können verschoben, Amplituden bzw. Amplitudendifferenzen minimiert werden. Diese Maßnahme ist weit aus kostengünstiger und wesentlich weniger zeitintensiv bislang durchgeführte Maßnahmen.

Vorteile der Erfindung ergeben sich auch daraus, dass eine Änderung einfach auf einer Anlage bzw. am Aufstellungsort des

200314445

14

Maschinensystems durchführbar sind. Dies erhöht den Kundennutzen.

## Patentansprüche

1. Maschinensystem (1) welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs austauschbar ist, wobei durch einen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) erzielbar ist.
2. Maschinensystem (1) welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Maschinensystem (1) verschiedene Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) für die Anbringung des Anbaues (3) an der elektrischen Maschine (2) mittels Befestigungssysteme (11) aufweist, wobei die Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) nur teilweise durch ein Befestigungssystem (11) belegt sind, wobei durch einen Wechsel der Belegung der Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) mit den Befestigungssystemen (11) insbesondere eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) erzielbar ist.
3. Maschinensystem (1) nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs austauschbar ist, wobei durch einen Austausch eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) erzielbar ist.
4. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Befestigungssystem (11) ein Kopplungselement (23) und insbesondere eine Schraubverbindung (21) aufweist.



5. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) als eine Feder und/oder als ein Dämpfer ausgebildet ist.

5

6. Maschinesystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) ein Gummimaterial und/oder ein Kunststoffmaterial aufweist.

10

7. Maschinesystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungssystem (11) und/oder das Kopplungselement (23) einen Tilger aufweist.

15

8. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anbau (3) ein Aufsatzkühler der elektrischen Maschine (2) ist.

20

9. Maschinensystem (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anbau (3) mittels Befestigungssystemen (11, 12) unterschiedlichen Typs an der elektrischen Maschine (2) angebracht ist.

30

10. Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems (1), welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs ausgetauscht wird, wobei durch den Austausch eine das Schwingungsverhalten des Maschinensystems (1) verändert wird.

35

11. Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems (1), welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Aufsatz (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist,

5    d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,    dass das Maschinensystem (1) verschiedene Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) für die Anbringung des Anbaues (3) an der elektrischen Maschine (2) mittels Befestigungssysteme (11) aufweist, wobei die Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) nur teilweise  
10    durch ein Befestigungssystem (11) belegt sind, wobei die Belegung der Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) mit den Befestigungssystemen (11) geändert wird wonach insbesondere das Schwingungsverhalten des Maschinensystems (1) abgeändert ist.

15    12. Verfahren nach Anspruch 11,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,    dass zumindest ein erstes Befestigungssystem (11) durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs insbesondere zur Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1)  
20    ausgetauscht wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,    dass das Befestigungssystem (11) ein Kopplungselement (23) und insbesondere eine Schraubverbindung (21) aufweist, wobei ein erstes Kopplungselement (23) durch ein zweites Kopplungselement (24) unterschiedlichen Typs ausgetauscht oder ergänzt wird.

14. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis  
30    13 bei einem Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

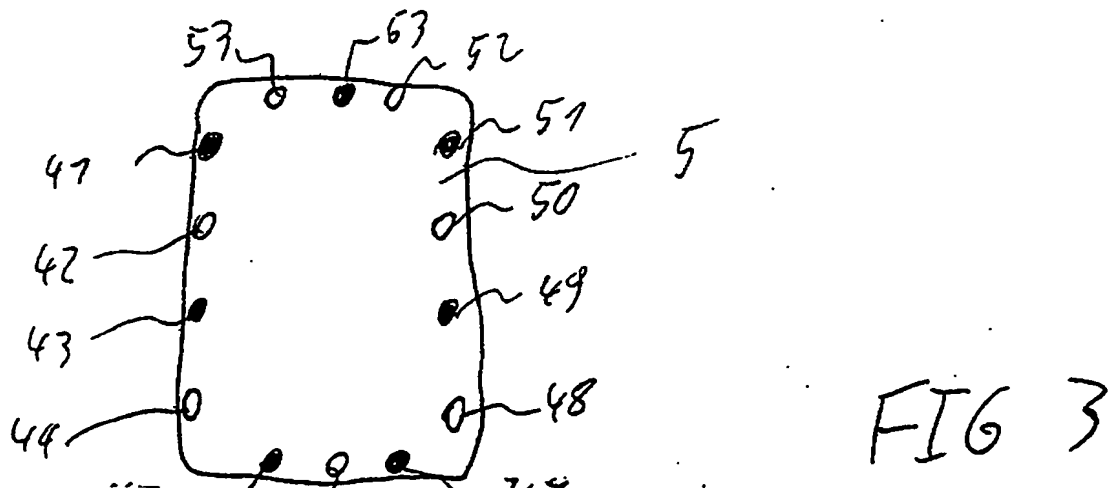
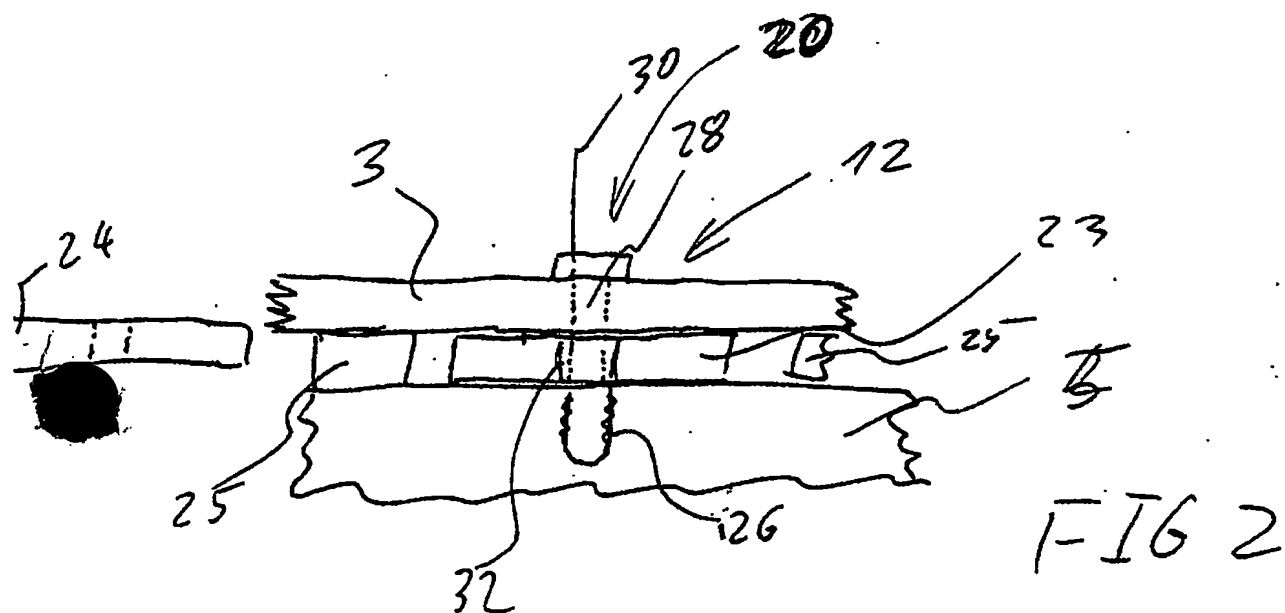
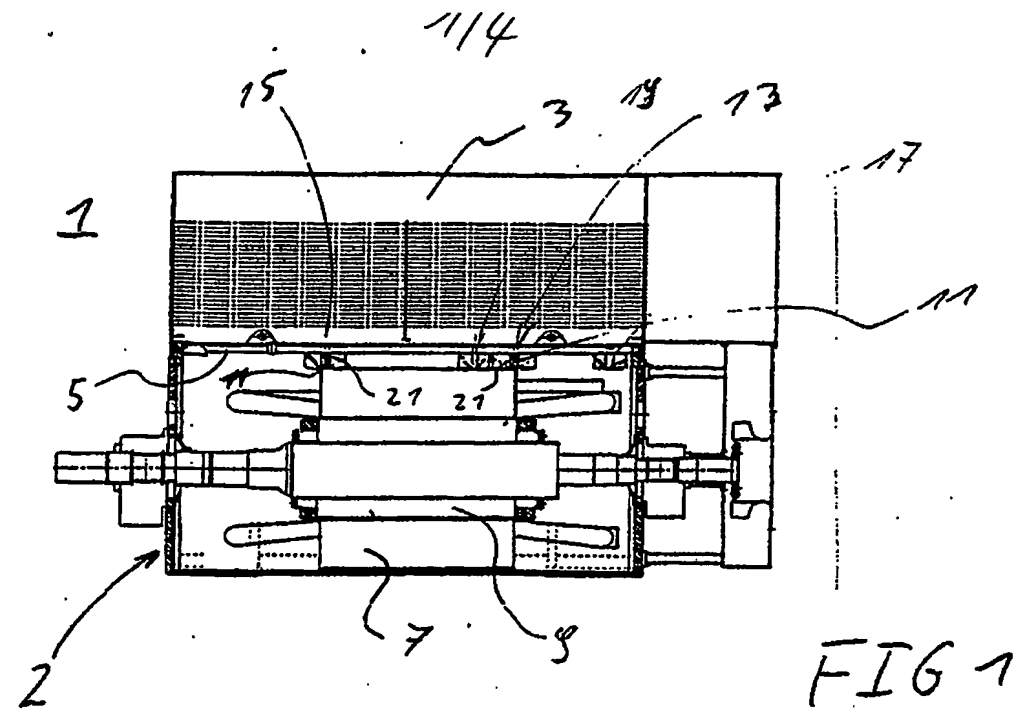
## Zusammenfassung

## Maschinensystem

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Maschinensystems (1) bzw. Maschinensystem (1) welches eine elektrische Maschine (2) und einen Anbau (3) aufweist, wobei der Anbau (3) an der elektrischen Maschine (1) mittels eines Befestigungssystems (11) angebracht ist. Ein erstes Befestigungssystem (11) ist durch ein zweites Befestigungssystem (12) unterschiedlichen Typs austauschbar und wird zur Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) ausgetauscht. Ein Maschinensystem (1) ist des Weiteren mit verschiedenen Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) für die Anbringung des Anbaues (3) an der elektrischen Maschine (2) mittels Befestigungssysteme (11) ausstattbar. Die Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) nur teilweise durch ein Befestigungssystem (11) belegt, wobei durch einen Wechsel der Belegung der Befestigungsstellen (13, 15, 17, 19) mit den Befestigungssystemen (11) insbesondere eine Änderung des Schwingungsverhaltens des Maschinensystems (1) erzielbar ist.

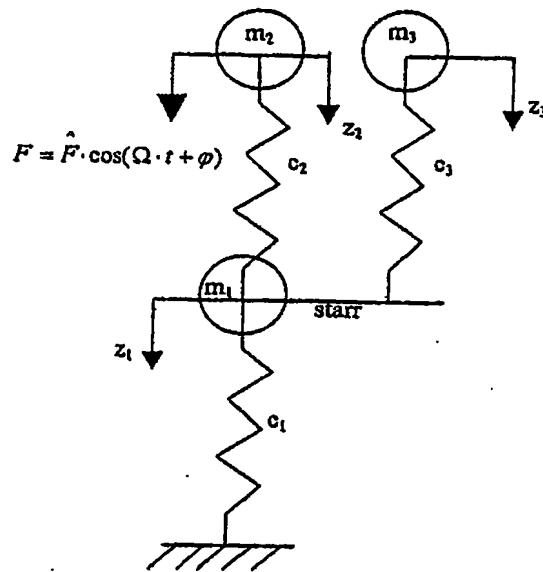
FIG 1

200314445



200314445

2/4



Bei z.B. Unwuchtanregung:

$$\hat{F} = m_2 \cdot \varepsilon \cdot \Omega^2 \text{ mit } \varepsilon: \text{Läuferexzentrizität}$$

$$\Rightarrow c_2 = \frac{(f_{\text{Biege}_z} \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot m_2}{\Omega^2}$$

FIG. 4

20.03.14445

3/4

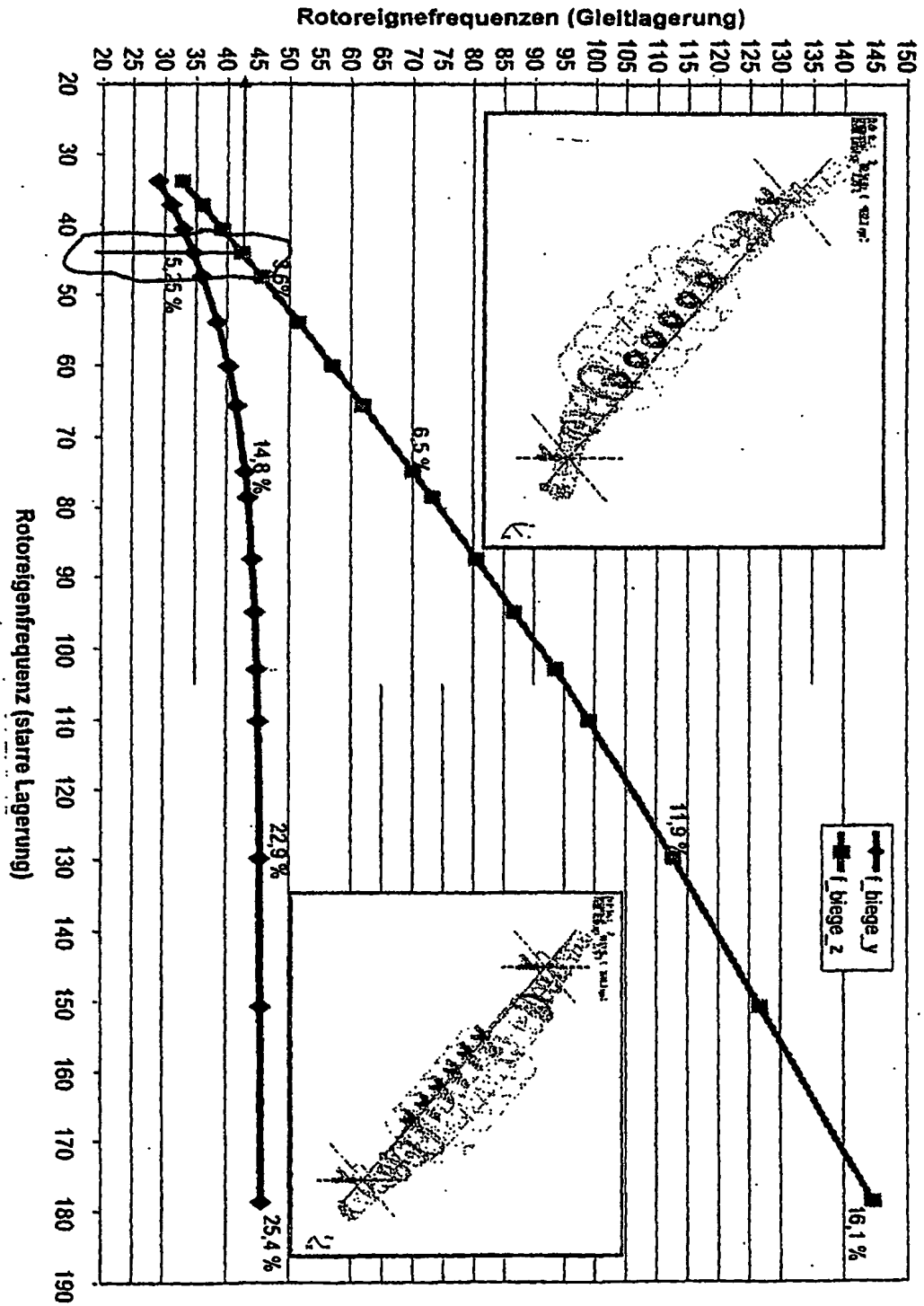


FIG 5

2003 14445

4/4

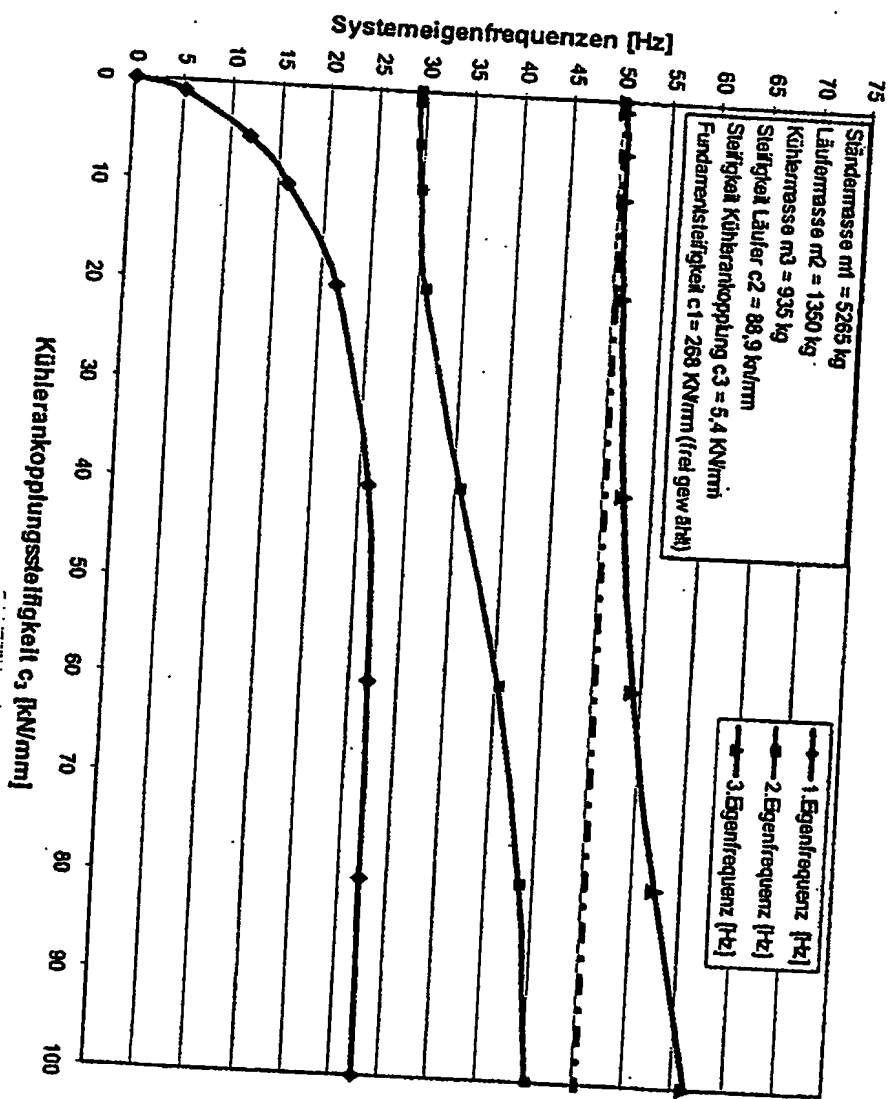


FIG 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**